

第Ⅲ部門

弾塑性有限要素解析における周期境界処理法の導入

株式会社アイル 正会員 ○木村 真治

神戸大学都市安全研究センター 正会員 飯塚 敦

1. はじめに

本研究は、3次元のリングせん断を2次元平面ひずみ条件の下で長方形せん断として扱えないか(モデル化できないか)と考え、土/水連成有限要素解析プログラム(DACSAR¹⁾)に周期境界処理法という手法を導入することを目的としている。ここで周期境界処理法とは、2つの未知の節点変位が同じであるという境界条件を強制的に与える処理法と定義している。3次元のリングを2次元として捉えるための方法は次のとおりである。まず、3次元のリングをある断面で垂直に切りその切断面を左右端に持つ直方体の形状にし左右端の変位が等しいとする。そして、その直方体を平面ひずみ条件として扱い長方形とみなして考えるという方法である。

2. 周期境界の処理内容

周期境界の処理内容の流れを図-1を用いて説明する。周期境界の処理内容は3段階で構成される。初めに、2つの未知の節点の指定(図-1(1))を行う。次に移項の処理(図-1(2))を行う。最後に解の代入(図-1(3))を行う。ここに、 K は定数、 $F \cdot U$ は変数、 $\bar{F} \cdot \bar{U}$ は既知である。また $K_{ij} = K_{ji} (i = j)$, $K_{mm} \neq 0$ である(全体剛性マトリックスの性質より)。具体的な処理手順を以下に示す。

初めに、同じにしたい2つの未知数を指定する(図-1(1))。今回は $U_2 = U_4$ とする。次に、 U_4 に U_2 を代入し、式(b)のように変形する。そして式(b)の4段目の式を2段目の式に足し合わせ、4段目の式を $U_4 = U_4$ と置き換える(図-1(2))。最後に、この式を解いて得られた解 U_2 を U_4 に代入する(図-1(3))。ここに式(b)から式(c)への変換は全体剛性マトリックスを対称にさせるために行っている。

3. プログラムの検証

本研究では、外力として荷重を与える荷重テストと外力として変位を与える変位テストの2パ

ターンで検証を行った。荷重テストは、弾性体・非排水条件・平面ひずみ・土/水連成の条件で1要素と2要素の2パターンの検証を行った。変位

テストは、荷重テストと同じ条件のパターンに加え、田の字型の4要素で検証を行った。田の字型の4要素では、弾性体について非排水・平面ひずみ・土/水連成 or 非連成の2パターンと弾塑性体の同2パターンの計4パターンを行った。弾性体・弾塑性体の材料パラメータはそれぞれ表-1、表-2に示す。1要素と2要素の解析メッシュ図と検証結果をそれぞれ図-2と図-3に示す。4要素の解析メッシュ図と検証結果をそれぞれ図-4と図-5に示す。

まず1要素及び2要素の検証結果より、周期境界導入有無の違いがはっきり見られ、期待通りの結果が得られた。また、4要素の弾性体の土/水連成・非連成と弾塑性体の土/水連成の結果も同様に、期待通りの結果が得られた。一方、弾塑性体の土/水非連成のケースでは期待通りの結果が得られなかった。図-4のように変位を与えたなら、等体積変形になり応力がどの要素も一樣になると思われたがそうはならなかった。弾性体で期待通りの結果が得られたことから、この結果はダイラテンシーの影響が原因だと考えられる。また他の原因の可能性も存

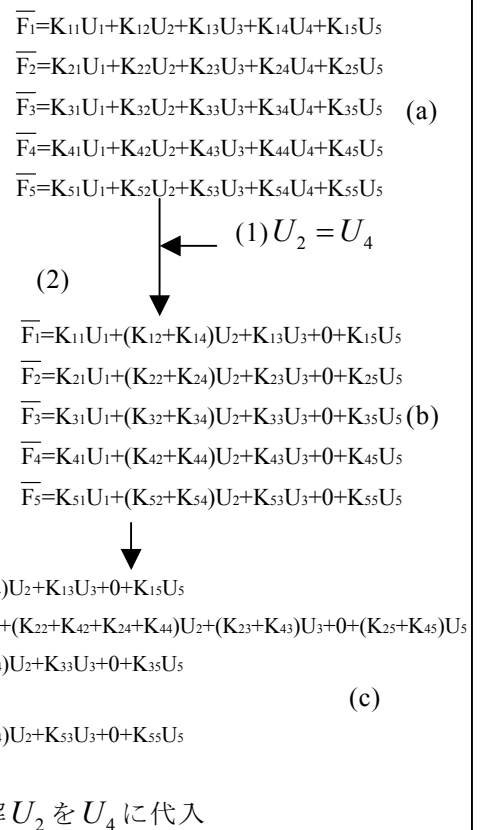


図-1 周期境界の処理内容

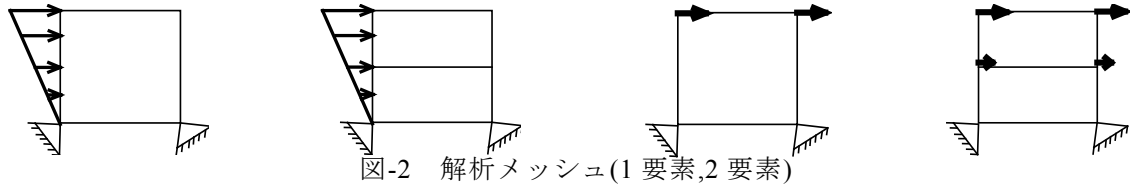


図-2 解析メッシュ(1要素,2要素)

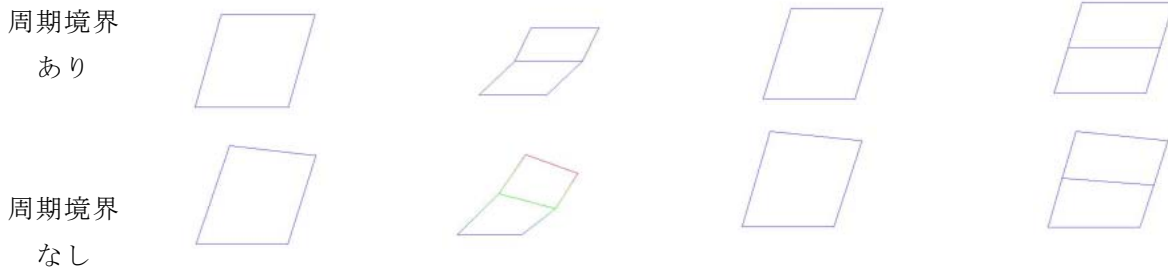


図-3 検証結果(1要素,2要素)

表-1 弾性体の材料パラメータ

$\tilde{\lambda}$ (kN/m^2)	$\tilde{\mu}$ (kN/m^2)	K_i	k (m/day)
1338	667	1.0	8.64×10^{-5}

d

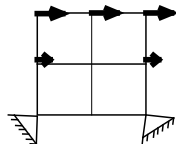


図-4 解析メッシュ(4要素)

表-2 弾性体の材料パラメータ²⁾

D	Λ	M
0.041	0.7086	1.24
ν'	$k(m/day)$	λ
0.327	0.01	0.234
σ'_{vo} (kPa)	e_o	K_o
200	2.293	1.000

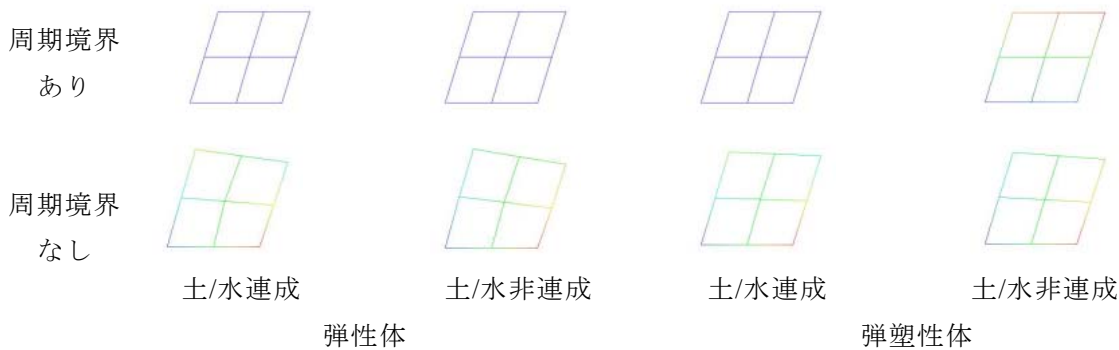


図-5 検証結果(4要素)

在するかもしれないが,現段階では見つからない.これらより,弾塑性体の土/水非連成のケースを除く幾通りかのケースは期待通りの結果が得られ,周期境界は正常に機能していることが確認できた.

4. 結論

- ・周期境界処理導入プログラムは,幾通りかケースで検証したところ,弾塑性体の土/水非連成以外のケースでは正常に機能していることが確認された.
- ・今後は弾塑性体・土/水非連成のケースでも期待通りの結果が得られるようにプログラムを修正し,リンクせん断のシミュレーションを行う予定である.

参考文献

- (1)Iizuka,Aand Ohta,H:A determination procedure of input parameters in elasto-visco plastic finite element analysis,Soils and foundations,Vol.27,No3,pp.71-87,1987
- (2)原田朋幸:試験方法の違いによる粘性土材料のせん断特性の比較,神戸大学大学院自然科学研究科修士論文.2001